

Istituto Istruzione Superiore "N. Pellegrini"
Istituto Tecnico Agrario - Via Bellini, 5 - 07100 Sassari

PROGRAMMAZIONE OPERATIVA NAZIONALE - PON "PER LA SCUOLA" - 2014-2020
AZIONE 7 : LABORATORI TERRITORIALI PER L'OCCUPABILITA'
PIANO NAZIONALE SCUOLA DIGITALE (PNSD)

OPERA PUBBLICA

"LAB SMART RURALITY"

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ELABORATO

TAVOLA

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

B

AGGIORNAMENTO

DATA

DICEMBRE 2017

RUP : GEOM. SATTA SABATTINO ANTONIO

PROGETTISTA CAPOGRUPPO :

-- STUDIO DI INGEGNERIA CIVILE --

DOTT. ING.

VIA MANNO 7

FRANCESCO BOSINCU

07100 SASSARI - TEL. 079238513

MANDANTI :

DOTT. GEOL. DONATELLA GIANNONI

DOTT. ING. ELENA DEMARTIS

DOTT. ING. ANTONIO MEDDA

DOTT. AGR. MARCO PERRA

P. I. ANTONELLO BIDDAU

DOTT. ARCH. SILVIA MARCHINU

PER L'AMM/NE APPALTANTE

IL PROGETTISTA CAPOGRUPPO

INDICE

1. PREMESSA	2
2. RELAZIONE GEOLOGICA	4
2.1 QUADRO GEOLOGICO-STRUTTURALE	4
2.2 QUADRO GEOLOGICO DELL'AREA DI SASSARI - I. AGRARIO N. PELLEGRINI	6
2.2.1 <i>Inquadramento geolitologico</i>	6
2.2.2 <i>Lineamenti geomorfologici</i>	10
2.2.3 <i>Lineamenti idrogeologici</i>	11
2.2.3.1 <i>Circolazione idrica superficiale</i>	11
2.2.3.2 <i>Circolazione idrica sotterranea</i>	11
2.3 QUADRO GEOLOGICO DELL'AREA DI OZIERI -ZONA INDUSTRIALE CHILIVANI	13
2.3.1 <i>Inquadramento geolitologico</i>	13
2.3.2 <i>Lineamenti geomorfologici</i>	17
2.3.3 <i>Lineamenti idrogeologici</i>	17
2.3.3.1 <i>Circolazione idrica superficiale</i>	17
2.3.3.2 <i>Circolazione idrica sotterranea</i>	18
3. RELAZIONE GEOTECNICA	20
3.1 OPERE D’ARTE IN PROGETTO	20
3.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DEI SITI.	22
3.3 STRATIGRAFIA DELL’AREA DI PROGETTO DI SASSARI - I. AGRARIO N. PELLEGRINI	24
3.3.1.1 <i>Caratterizzazione geotecnica delle litologie</i>	25
3.3.1.2 <i>Calcolo della capacità portante</i>	35
3.4 STRATIGRAFIA DELL’AREA DI PROGETTO DI OZIERI - ZONA INDUSTRIALE CHILIVANI	36
3.4.1.1 <i>Caratterizzazione geotecnica delle litologie</i>	37
3.4.1.2 <i>Calcolo della capacità portante</i>	37
3.4.1.3 <i>Calcolo dei cedimenti.</i>	39
4. CONCLUSIONI	42

1. PREMESSA

A seguito di regolare procedura aperta e con determinazione dirigenziale del 18.08.2017 è stato conferito al RTP costituito dall'Ing. F. Bosincu, Agr. M. Perra, Ing. A. Medda, Geol. D. Giannoni, Ing. E. Demartis, P.I. A. Biddau, Arch. S. Marchinu l'incarico per la progettazione di serre tecnologiche e didattiche nei siti delle aziende agrarie dell'Istituto Tecnico Agrario di Sassari e dell'Istituto Tecnico “Fermi” di Ozieri (a Chilivani) nell'ambito del progetto “Lab smart rurality” (Piano Nazionale Scuola Digitale).

Il progetto “LAB SMART RURALITY”, condiviso da una rete di cinquantanove soggetti pubblici e privati, sarà un laboratorio integrato dall'uso avanzato delle tecnologie dell'informazione e comunicazione, e si prefigge di creare competenze moderne nel campo dell'agroalimentare. Il Lab vedrà la realizzazione di serre iper tecnologiche, di una moderna piattaforma web per la didattica, spazi d'apprendimento aumentato dalle tecnologie dell'informazione e della comunicazione; sarà un prototipo di laboratorio per lo sviluppo di nuove competenze, di inclusione sociale e di penetrazione tra scuole, aziende, istituti di ricerca e associazioni del territorio.

Il progetto prevede la realizzazione di n. 3 serre, delle quali una tecnologicamente avanzata, supportate da una piattaforma web per la didattica (Learning Contest Management System), per favorire lo sviluppo delle conoscenze e delle figure professionali specializzate: nello specifico si prevede di realizzare due serre, di cui una ipertecnologica, in un'area dell'Azienda agraria annessa all'Istituto di Istruzione Superiore “N. Pellegrini” di Sassari e una terza serra all'interno della Azienda agraria di pertinenza dell'I.I.S. “Enrico Fermi” di Ozieri.

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta in armonia con le normative vigenti in materia (D.M. 11.03.1988 “*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*” e D.M. 14/01/2008 “*Norme tecniche per le costruzioni*”); lo scopo è quello di elaborare una modellazione geologica e geotecnica del sito: la prima consistente nella ricostruzione delle caratteristiche topografiche e geomorfologiche della zona con indicazione della loro tendenza evolutiva, dei caratteri litostratigrafici e strutturali, dei caratteri delle acque

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

superficiali e sotterranee; la seconda, sulla base di specifiche indagini programmate in funzione del tipo di opera in progetto e della modellazione geologica, è tesa a ricostruire le condizioni stratigrafiche e a fornire la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, cioè nella parte di sottosuolo influenzata dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

Le attività di studio di competenza della sottoscritta professionista si sono pertanto articolate nelle seguenti fasi:

- Sopralluoghi nell'area di progetto e acquisizione dei dati normativi e bibliografici;
- Ricostruzione del modello geologico;
- Ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo;
- Redazione di una relazione conclusiva.

2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 *Quadro geologico-strutturale*

Le aree scelte per la realizzazione delle serre sono due: la prima è nel settore settentrionale del centro abitato di Sassari, tra la Via Solari e la Via Bellini; la seconda è ubicata nella zona industriale di Chilivani, nel comune di Ozieri.

Dal punto di vista geologico entrambe le aree son ubicate nella parte settentrionale dalla Fossa Sarda, l'importante struttura regionale associata ad un sistema di rift impostato nei terreni del basamento metamorfico e plutonico ercinico, che attraversa l'intera isola in senso meridiano. La formazione del rift è associata alla fase tettonica distensiva collegata alla rotazione del Blocco Sardo Corso e la sua apertura è legata a due importanti fenomeni della geologia sarda oligo-miocenica: un'intensa attività vulcanica che ha messo in posto potenti spessori di prodotti lavici e piroclastici, e varie ingressioni marine che hanno portato alla formazione di importanti coltri sedimentarie e vulcano sedimentarie. I sedimenti correlati a questa fase tettonica comprendono due cicli sedimentari principali. Il primo ciclo ha un'età che va dal Burdigaliano superiore al Langhiano e comprende sabbie alla base, seguite da calcari litorali e da marne di ambiente marino più profondo; tale sequenza poggia con contatto trasgressivo sulle vulcaniti sottostanti ed è interrotta superiormente da una superficie di erosione. Il secondo ciclo sedimentario, che arriva fino al Tortoniano-Messiniano, inizia anch'esso con sabbie di ambiente fluvio-marino e prosegue con calcari bioclastici di piattaforma interna.

Le litologie vulcaniche e sedimentarie quindi occupano il graben, mentre il basamento cristallino forma il bordo orientale. Gli orientamenti di tali lineazioni tettoniche (variabili da N-S a NW-SE a NE-SW) sono ben evidenziati, in questa parte della Fossa, sia dal sistema di faglie che dall'orientazione dei contatti tra le litologie del basamento e quelle delle coperture vulcano-sedimentarie (*Fig. 1*). Nel bordo orientale del graben si innesta anche il bacino di trascorrenza Chilivani-Berchidda, nella vallata di Oschiri; si tratta di un bacino legato a zone di taglio trascorrenti NE-SW, associato a strutture (faglie dirette, trascorrenti, inverse e pieghe) coerenti con tale regime deformativo e colmato da prodotti

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

vulcano-sedimentari sintettonici di età compresa tra l'Oligocene medio-superiore e l'Aquitainiano.

Nell'ambito di tale quadro geodinamico si inseriscono le formazioni geologiche presenti nei territori studiati, le loro giaciture e la loro strutturazione, così come descritto nel successivo paragrafo; in particolare l'area di Sassari è occupata interamente dai terreni sedimentari marini miocenici, mentre l'area di Ozieri è caratterizzata dalle litologie vulcaniche e vulcano-sedimentarie oligo-mioceniche, ricoperte discontinuamente dai depositi sedimentari fluvio-deltizi del Miocene.

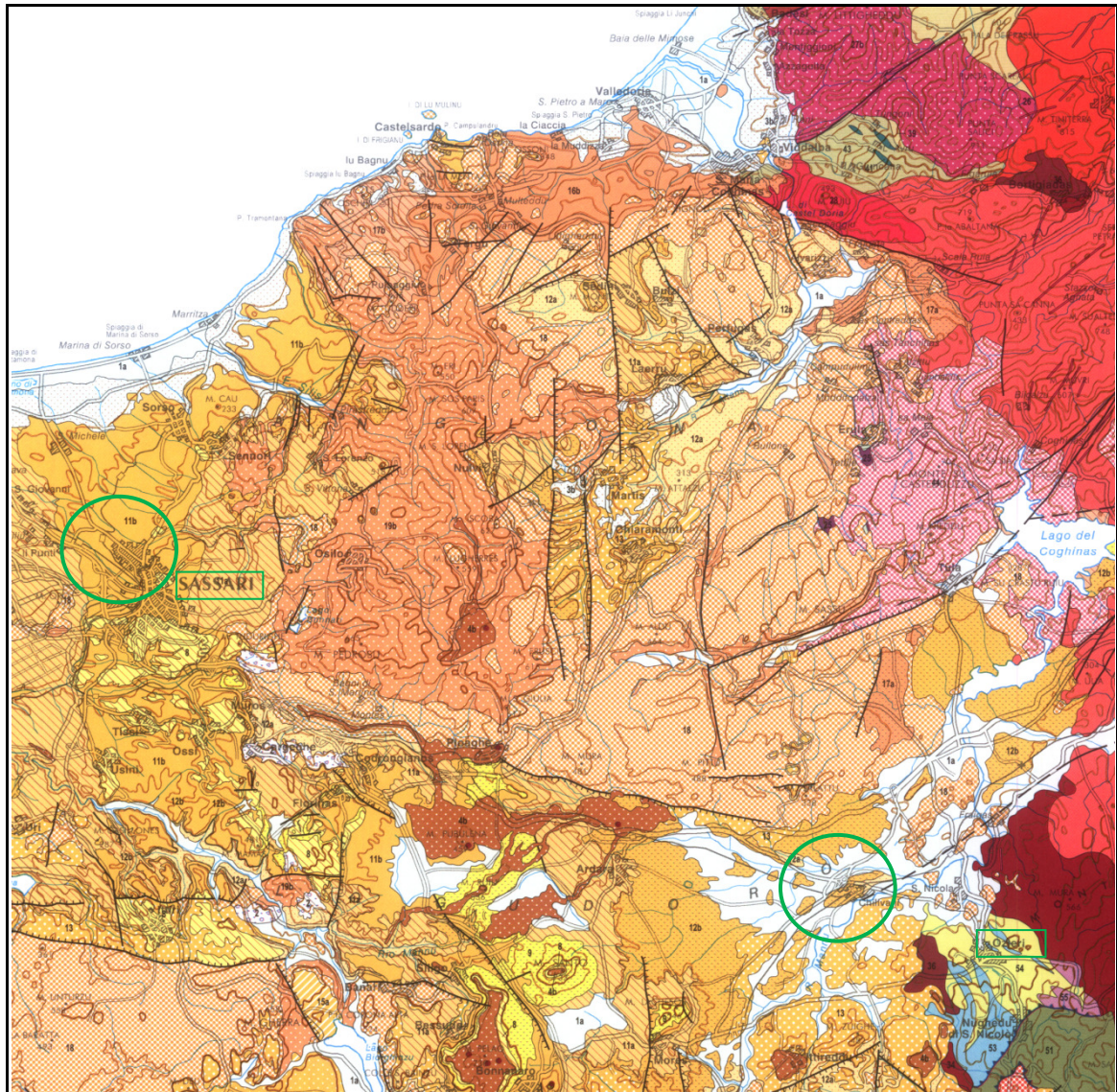


Figura 1: Inquadramento geologico (da "Carta Geologica della Sardegna" scala 1:250.000 - 2008).

2.2 Quadro geologico dell'area di SASSARI - I. Agrario N. Pellegrini

2.2.1 Inquadramento geolitologico

L'area di progetto di Sassari si trova alla periferia nord-occidentale del centro abitato di Sassari (**Fig. 2**), all'interno dei terreni dell'Istituto Tecnico Agrario N. Pellegrini, in un'area con debolissima pendenza dello 0.6% verso SW e quote comprese tra m. 180 e m. 160 s.l.m..



Figura 2: Foto aerea con indicazione dell'area di intervento di Sassari.

Di seguito vengono schematicamente descritte, dalle più antiche alle più recenti, le principali formazioni geologiche presenti nell'area così come riportata nella **Carta Geolitologica** della **Fig. 3** facendo riferimento alla successione stratigrafica codificata dalla RAS (Luglio 2008) nell'ambito delle “Linee guida per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI”.

Successione sedimentaria oligo-miocenica

Le litologie appartenenti a tale successione sono da ricollegare all'ingressione marina che ha accompagnato la seconda fase di rifting legata alla rotazione del Blocco Sardo –

Corso, durante la quale si ebbe la sedimentazione di una importante sequenza calcareo-marnosa.

FORMAZIONE DI MORES (CA1_012)

Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi, calcari nodulari a componente terrigena con faune a gasteropodi, ostreidi ed echinidi di ambiente litorale (calcari inferiori auct.) (**Burdigaliano sup.**).

FORMAZIONE DI BORUTTA (CA1_007)

Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi localmente in alternanze ritmiche (**Langhiano**).

FORMAZIONE DI MONTE SANTO (CA1_003)

Calcareniti e calcari bioclastici di piattaforma interna, con rare intercalazioni silicoclastiche ed episodi biohermali (**Serravalliano - ?Tortoniano**).

Depositi quaternari dell’area continentale

Le coperture quaternarie recenti, che ricoprono i substrati più antichi, comprendono i sedimenti alluvionali, concentrati lungo i corsi d’acqua principali, e i depositi eluvio/colluviali sviluppati nei fondovalle secondari e nelle aree pianeggianti.

DEPOSITI ALLUVIONALI(AA1_002). Sabbie con subordinati limi e argille.
(**Olocene**).

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (AA1_001). Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica(**Olocene**).

La successione sedimentaria oligo-miocenica in quest’area è rappresentata da termini depositati in ambiente marino: i più antichi sono quelli della Formazione di Mores rappresentata nella facies di ambiente litorale calcareo-calcarenitica. Strutturata in potenti bancate sub-orizzontali che in affioramento appaiono massive, generalmente prive di discontinuità stratigrafiche e con fratturazione sub-verticale molto spaziata.

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

La successione continua con i termini marnoso-calcarei della Formazione di Borutta; si tratta di potenti spessori di depositi riconducibili ad ambienti di sedimentazione ad alta energia e mare basso, come testimonia la stratificazione incrociata. Queste formazioni sedimentarie mostrano una marcata stratificazione con spessori degli strati variabili e giacitura sub-orizzontale o con debole inclinazione verso i quadranti meridionali.

Le litologie calcaree della Formazione di Monte Santo rappresentano i termini più recenti della successione e si presentano in bancate massive, con giacitura sub-orizzontale o leggermente inclinata verso Nord di 5-7° e giunti di stratificazione poco marcati, con diaclasi sub-verticali di modesta frequenza e densità.

Nel sito scelto per l'ubicazione delle serre i suoli superficiali coprono con spessori esigui il substrato roccioso costituito dalle litologie calcareo-marnose della Formazione di Borutta (*Fig. 7*) che, a tratti, è affiorante.

I depositi alluvionali attuali sono rappresentati da limi e sabbie che occupano gli alvei principali e i compluvi, in giacitura orizzontale e con spessori limitati.

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

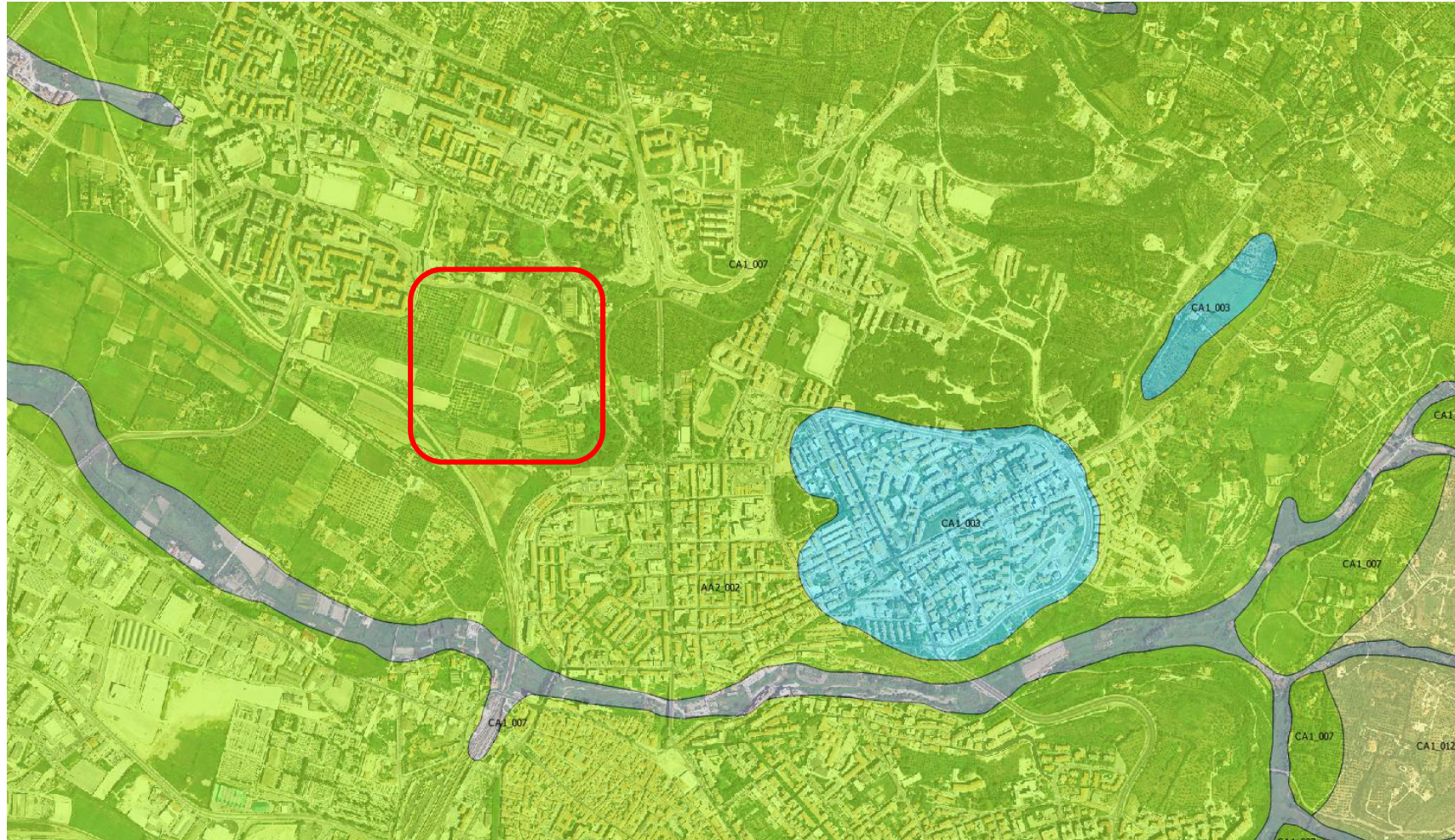


Figura 3: Stralcio della carta geologica della Sardegna nel sito di Sassari (fonte RAS).

2.2.2 Lineamenti geomorfologici

Il centro abitato di Sassari si sviluppa nei versanti che degradano verso Ovest da quote di 250 m fino a 180 m circa con pendenza media del 3% circa, incisi dalle vallate del Riu San Giovanni e dei suoi affluenti. Il sito di progetto è inserito nella piana che si estende ad ovest del centro abitato, dove i versanti proseguono con debolissima pendenza, inferiore al 1%; in particolare i terreni dell'Istituto Tecnico Agrario N. Pellegrini comprendono un'area sub-pianeggiante o con debole pendenza (4%) estesa tra le quote di m. 180 e m. 160 s.l.m. incisa da una piccola vallata orientata E-W, evidenziata da piccole scarpate rocciose.

Il sito scelto per la realizzazione delle serre è caratterizzato da un substrato roccioso affiorante o sub-affiorante al di sotto di modesti spessori di coperture superficiali e da pendenze altrettanto modeste.

L'analisi geomorfologica dell'area quindi non evidenzia indizi di franosità, né elementi geomorfologici che rappresentino una predisposizione ad instabilità in atto o potenziale. L'area infatti non è inserita all'interno di aree considerate a pericolo di frana dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) vigente (**Fig. 4**); non è altresì fra quelle censite dal progetto IFFI.



Figura 4: Foto aerea con aree di pericolosità da frana individuate dal PAI.

2.2.3 Lineamenti idrogeologici

2.2.3.1 Circolazione idrica superficiale

Il corso d'acqua principale è rappresentato dal Riu San Giovanni, che scorre verso W provenendo dalla vallata dell'Eba Giara. Il reticolo idrografico superficiale secondario è riconducibile ad un sistema di compluvi che, esclusivamente durante i periodi piovosi, convogliano le acque meteoriche di ruscellamento verso il fondovalle principale, alimentando il corso d'acqua.

L'area di progetto è ubicata in una zona sub-pianeggiante priva di incisioni significative; le acque di ruscellamento superficiale seguono la debole pendenza del terreno, senza formare un reticolo fluviale organizzato.

L'area non è inserita all'interno di aree considerate a rischio idraulico nè dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) nè dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Regione Sardegna (*Fig. 5*).



Figura 5: Foto aerea con aree di pericolosità idraulica individuate dal PSFF.

2.2.3.2 Circolazione idrica sotterranea

Il complesso idrogeologico a cui fare riferimento è quello che comprende le litologie calcareo-marnose della Formazione di Borutta, che presenta un tipo di

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

permeabilità misto, con una porosità primaria di grado medio-basso e una permeabilità per fessurazione di grado sempre medio-basso. Tuttavia il grado di permeabilità è funzione della presenza dei minerali argillosi che si producono a seguito dell'alterazione meteorica soprattutto nei livelli marnosi; in caso di alterazione molto spinta si può arrivare anche all'impermeabilità. A tali livelli si può, pertanto, attribuire un grado di permeabilità basso con coefficiente di permeabilità $10^{-4} > K > 10^{-9}$ m/s.

Non si hanno dati precisi sul livello freatico della falda presente nel sito di progetto, che è tuttavia ubicata ad una profondità tale da non interferire con le fondazioni delle opere previste in progetto.

2.3 Quadro geologico dell'area di OZIERI -Zona Industriale Chilivani

2.3.1 Inquadramento geolitologico

L'area di progetto di Ozieri è ubicata nella piana compresa tra il Rio Mannu e il Rio Rizzolu, affluente del primo (**Fig. 6**), quindi in una zona pianeggiante (debolissima pendenza dello 0.3 % verso NE) e quote comprese tra m. 217 e m. 210 s.l.m.. Il sito specifico è all'interno dell'ampia rotatoria realizzata tra le Strade Provinciali 1 e 63 che contengono gli svincoli per la Zona Industriale e per l'Ippodromo.



Figura 6: Foto aerea con indicazione dell'area di intervento di Ozieri (Z.I. Chilivani).

Di seguito vengono schematicamente descritte, dalle più antiche alle più recenti, le principali formazioni geologiche presenti nell'area così come riportata nella **Carta Geolitologica** della **Fig. 7** facendo riferimento alla successione stratigrafica codificata dalla RAS (Luglio 2008) nell'ambito delle “Linee guida per l'adeguamento dei Piani Urbanistici Comunali al PPR e al PAI”.

Successione vulcano-sedimentariaoligo-miocenica

Le litologie appartenenti a tale successione sono da ricollegare alla fase di rifting, che ha generato l'ampia depressione nota in letteratura come Fossa Sarda (Cerchi & Montadert 1982) e durante la quale si sono messe in posto potenti coltri vulcano-sedimentarie.

UNITÀ DI CHILIVANI(CB4_001)

Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici in facies ignimbrítica, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi in pomici, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Am; la componente clastica è poligenica ed eterometrica. (**Burdigaliano**)

FORMAZIONE D EL RIO MINORE (CA1_014)

Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre (Formazione lacustreAuct.). (**Burdigaliano**)

FORMAZIONE DI OPPIA NUOVA(CA1_013)

Sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico e vulcaniti oligomioceniche. Ambiente da conoide alluvionale a fluvio-deltizio. (**Burdigaliano ?medio-sup**)

Depositi quaternari dell'area continentale

Le coperture quaternarie recenti, che ricoprono i substrati più antichi, comprendono i sedimenti alluvionali, concentrati lungo i corsi d'acqua principali, e i depositi eluvio/colluviali sviluppati nei fondovalle secondari e nelle aree pianeggianti.

DEPOSITI ALLUVIONALI(AA1_002). Sabbie con subordinati limi e argille. (**Olocene**).

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (AA1_001). Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica(**Olocene**).

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

La successione vulcanica calco-alkalina oligo-miocenica è rappresentata in quest'area dai flussi piroclastici dell'Unità di Chilivani, che formano i rilievi nel settore sud-orientale. Macroscopicamente, mostra caratteri omogenei, colore solitamente biancastro e grado di saldatura medio-basso. Le pomice di colore biancastro e di dimensioni comprese tra 1 mm e 25 cm, hanno una distribuzione caotica. La componente litica è costituita essenzialmente da frammenti di ignimbrite saldata, di andesite e subordinatamente, da clasti del basamento paleozoico.

Nella zona, dapprima sede di intensa attività vulcanica, a partire dal Burdigaliano superiore si verifica una importante trasgressione e il riempimento del bacino con la successione silicoclastica e carbonatica miocenica, comprendente termini depositati sia in ambiente continentale (fluviale e lacustre) che in ambiente marino, i primi rappresentati prevalentemente da arenarie, sabbie, conglomerati, siltiti e marne, ma anche tufiti e tufi, i secondi rappresentati prevalentemente da termini calcareo-calcarenitici. Tale successione è presente nell'area studiata con i termini di ambiente lacustre della Formazione del Rio Minore seguita dalla facies sabbioso-conglomeratica della Formazione di Oppia Nuova, costituita dai prodotti granulari di origine continentale riconducibili al bacino fluvio-deltizio impostatosi nel half-graben di Chilivani.

I depositi alluvionali attuali sono rappresentati da limi e sabbie che occupano gli alvei principali e i compluvi, in giacitura orizzontale e con spessori variabili, spesso superiori a 3.00 metri.

Nel sito scelto per l'ubicazione della serra affiorano i suoli superficiali che coprono le litologie sabbioso-conglomeratiche della Formazione di Oppia Nuova (*Fig. 7*).

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

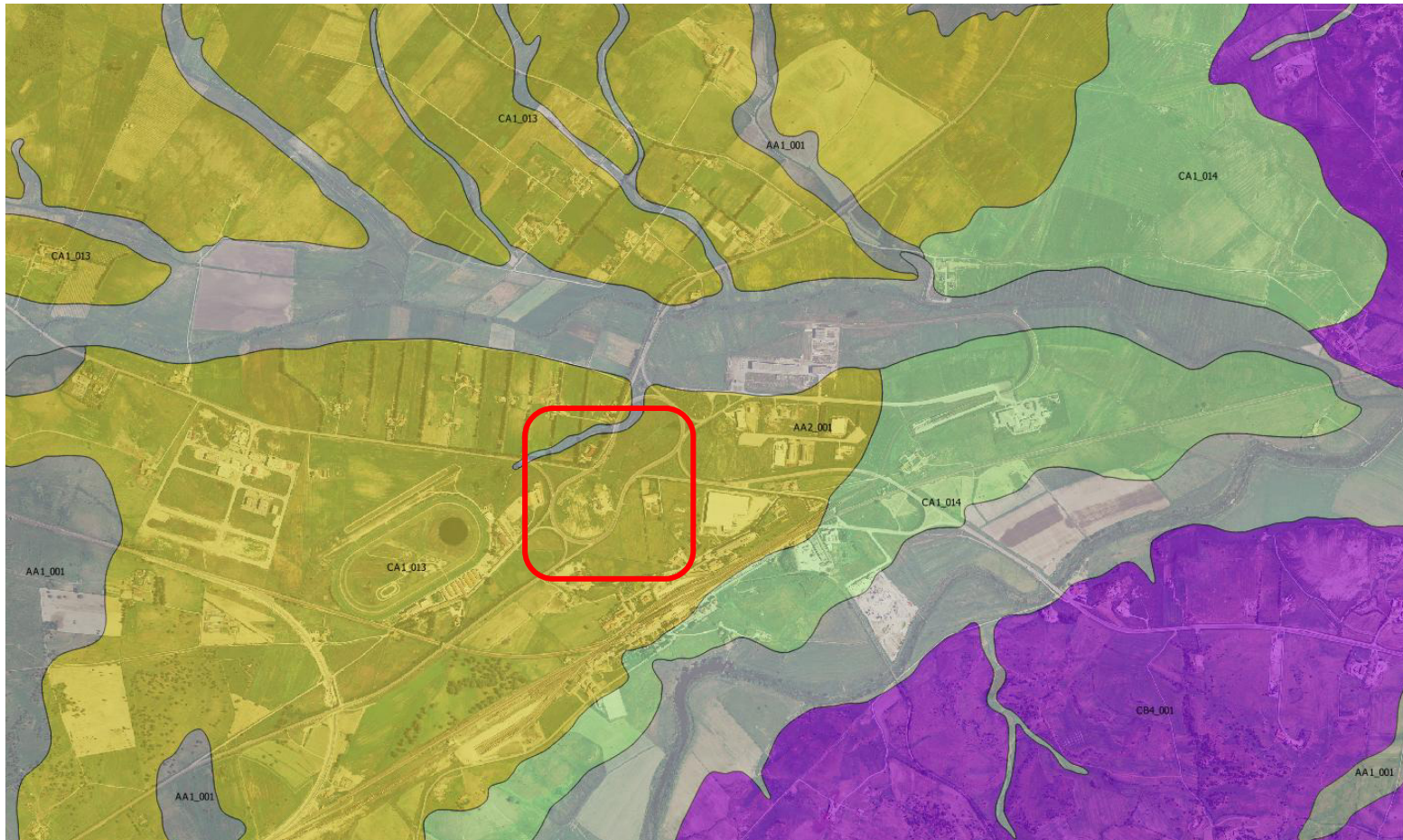


Figura 7: Stralcio della carta geologica della Sardegna nel sito di Chilivani (fonte RAS).

2.3.2 Lineamenti geomorfologici

Le forme del paesaggio della piana di Chilivani sono legate alla morfologia fluviale del Rio Mannu di Ozieri e dei suoi affluenti, settore montano del Fiume Coghinas. Questa di Chilivani è infatti una delle poche piane alluvionali presenti nel bacino idrografico del Fiume Coghinas, caratterizzata quindi da morfologia sub-pianeggiante legata alla presenza di coltri sedimentarie alluvionali antiche e attuali che ricoprono il substrato più antico. Si tratta quindi di una grande piana a fondo piatto occupata da depositi fluviali e colluviali di varia età. Il carattere della dinamica fluviale, variato rispetto al tratto montano, in relazione alla scarsa pendenza è evidenziate anche dall'alveo meandriforme che il corso d'acqua principale scava nei suoi depositi alluvionali.

Il sito scelto per la realizzazione delle serre è situato tra il Rio Mannu e il suo affluente Rio Rizzolu, dai quali dista rispettivamente 780 m e 600 m, caratterizzato quindi da un'area pianeggiante impostata sulle litologie sabbioso-conglomeratiche dell'antica formazione fluviale di Oppia Nuova.

Nell'area, per sua conformazione morfologica, non sono stati rilevati indizi di franosità, né elementi geomorfologici che rappresentino una predisposizione ad instabilità in atto o potenziale. L'area non è inserita all'interno di aree considerate a pericolo di frana dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) vigente; non è altresì fra quelle censite dal progetto IFFI.

2.3.3 Lineamenti idrogeologici

2.3.3.1 Circolazione idrica superficiale

La circolazione idrica superficiale è rappresentata dal Rio Mannu di Ozieri e dal suo affluente Rio Rizzolu. Si tratta del settore montano del Fiume Coghinas che nasce dalla catena del Marghine e che, nel tratto a monte del lago formato dallo sbarramento di Muzzone, è denominato appunto Rio Mannu di Ozieri; sfocia nella parte orientale del Golfo dell'Asinara dopo un percorso di circa 115 km..

Nel sito di progetto, ubicato come già detto tra i due corsi d'acqua, la leggera pendenza generale verso NE drena le acque superficiali, anche tramite trincee realizzate artificialmente, verso il fondovalle del Rio Rizzolu.

Un'indagine geognostica realizzata nell'adiacente area dell'ippodromo aveva evidenziato dei livelli freatici ubicati ad una profondità di circa m. 1.10, con oscillazioni dell'ordine di m. 0.20; nonostante l'elevata permeabilità del complesso sabbioso-conglomeratico garantisca un buon drenaggio, la piezometrica è così superficiale da non poter escludere una risalita fino al piano di campagna in concomitanza di eventi pluviometrici di una certa entità.

L'area non è inserita all'interno di aree considerate a rischio idraulico nè dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) nè dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Regione Sardegna (**Fig. 8**).



Figura 8: Foto aerea con aree di pericolosità idraulica individuate dal PAI.

2.3.3.2 Circolazione idrica sotterranea

Il complesso idrogeologico a cui fare riferimento è quello delle litologie sabbioso-conglomeratiche della Formazione di Oppia Nuova, che presentano un tipo di permeabilità per porosità ed un grado di permeabilità medio con coefficiente di permeabilità $10^{-2} > K > 10^{-4}$ m/s.

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

Il coefficiente di infiltrazione potenziale (c.i.p.) è compreso fra **80% ÷ 90%**, con valori da intendersi essenzialmente come valori di infiltrazione I. In queste litologie le percentuali di infiltrazione raggiungono generalmente valori elevati, oltre che per le loro caratteristiche strutturali e tessiturali intrinseche, anche per le giaciture pianeggianti o comunque poco acclivi.

3. RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 Opere d'arte in progetto

Sulla base di quanto previsto dalla normativa vigente in materia (D.M. n. 47 del 11.03.1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" e D.M. 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*"), i rilievi e le indagini sono mirati ad individuare la natura, la geometria e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione, la posizione e le caratteristiche delle eventuali falde idriche, l'eventuale esistenza di cavità naturali o artificiali nel sottosuolo, le condizioni di stabilità dei pendii e i fenomeni di subsidenza, e devono inoltre essere volte ad accertare le condizioni generali di stabilità del sito di progetto in funzione dell'opera da realizzare.

Nei paragrafi precedenti è stata effettuata la caratterizzazione geologica del sito sulla base del quale è stato successivamente elaborato il modello geotecnico, oggetto del presente capitolo, nel quale sono state ricostruite le condizioni stratigrafiche ed è stata fornita la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni dei siti di progetto: questo riguarda la realizzazione di n. 3 serre, due delle quali nei terreni dell'Azienda agraria annessa all'Istituto di Istruzione Superiore “N. Pellegrini” di Sassari e una terza all'interno della Azienda agraria di pertinenza dell'I.I.S. “Enrico Fermi” di Ozieri.

A Sassari saranno realizzate due serre a campata singola in ferro e vetro: una delle dimensioni di m.25 x m.8 con un'altezza di gronda di m. 4 e l'altra di m.20 x 9.5 con un'altezza di gronda di m. 3.95; qui è prevista inoltre una tettoia fotovoltaica delle dimensioni di mq 400 circa (**Fig. 9**).

Ad Ozieri la struttura sarà in ferro e plastica, sempre a campata singola e con dimensioni di mq 200 (**Fig. 10**).

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

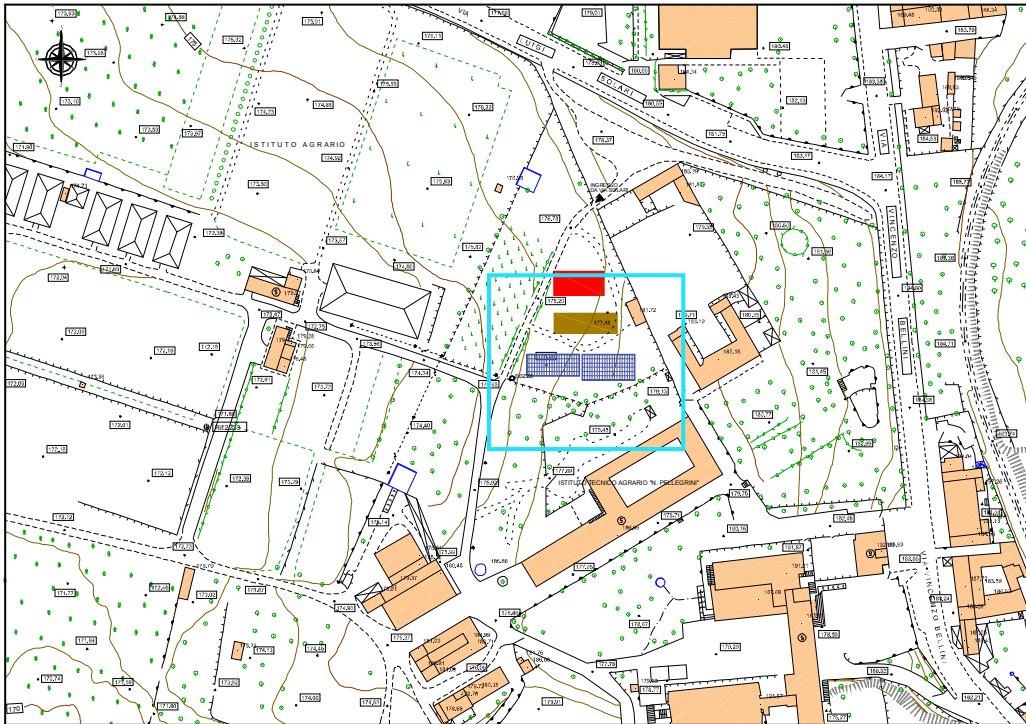


Figura 9: Aerofotogrammetria del sito di Sassari con ubicazione delle serre e della tettoia.

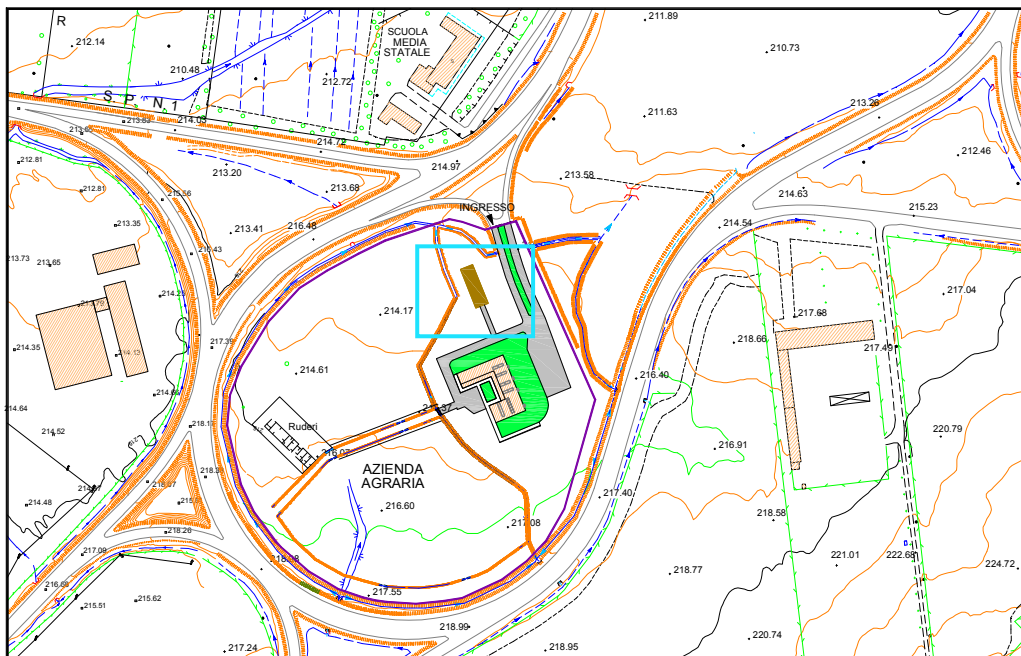


Figura 10: Aerofotogrammetria del sito di Ozieri con ubicazione della serra.

3.2 Pericolosità sismica dei siti.

La Sardegna presenta una sismicità molto bassa legata alla elevata stabilità mostrata da tutto il Blocco Sardo Corso almeno negli ultimi 7 milioni di anni.

I dati storici dei terremoti rendono nota di due eventi, entrambi di magnitudo inferiore a 5, e quelli strumentali, rappresentati dai dati di sismicità degli ultimi 25 anni registrati dalla rete nazionale, riportano alcuni eventi anch'essi di magnitudo inferiore a 5.

Sulla base della normativa vigente (Nuove Norme Tecniche D.M. 14 Gennaio 2008) il territorio nazionale viene classificato in Zone 1, 2, 3 e 4 sulla base dei valori riportati nella sottostante Tabella 2 dell'allegato B delle NCT 2008, nella quale i livelli di severità dei terremoti vengono espressi sotto forma dei tre parametri a_g , F_0 e T_C^* , dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Considerando tali caratteristiche di sismicità (eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5) viene omessa la verifica a liquefazione, (punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2008).

TABELLA 2: Valori di a_g , F_0 , T_C^* per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401
Ventotene, Santo Stefano	0,239	2,61	0,245	0,303	2,61	0,272	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,326	0,430	2,69	0,366	0,481	2,71	0,401	0,600	2,92	0,476	0,707	3,07	0,517	0,852	3,27	0,564
Ustica, Tremiti	0,429	2,50	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,500	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,725	2,50	0,400
Alicudi, Filicudi,	0,350	2,70	0,400	0,558	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	3,212	2,70	0,400	4,077	2,70	0,400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0,618	2,45	0,287	0,817	2,48	0,290	0,983	2,51	0,294	1,166	2,52	0,290	1,354	2,56	0,290	1,580	2,56	0,292	2,200	2,58	0,306	2,823	2,65	0,316	3,746	2,76	0,324

Categoria del sottosuolo.

Per valutare la risposta sismica locale si può fare riferimento all'approccio semplificato basato sulla individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento sulla base della Tab. 3.2.II delle NCT 2008.

Sulla base delle condizioni stratigrafiche e del modello geotecnico ricostruito la categoria di sottosuolo da assumersi, per il sito di Sassari, è quella denominata:

- **categoria A** che risulta rappresentativa di contesti caratterizzati da: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Condizioni topografiche

Il contesto morfologico generale è rappresentato da un da pendenze inferiori al 15%. Tali caratteristiche topografiche permettono di inserire l'area nella classe **T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$** .

Per il sito di Ozieri, la categoria di sottosuolo da assumersi è quella denominata:

- **categoria B** che risulta rappresentativa di contesti caratterizzati da: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Condizioni topografiche

Il contesto morfologico generale è rappresentato da un'area pianeggiante con pendenze inferiori al 15 %, che permettono di inserirla nella classe **T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$** .

3.3 Stratigrafia dell'area di progetto di SASSARI - I. Agrario N. Pellegrini

La stratigrafia ricostruita tramite i rilievi di superficie ha permesso di definire il modello geotecnico del sito di progetto, sulla base del quale sono state individuate le litologie di fondazione delle serre in progetto, costituite dai livelli calcarenitici appartenenti alla Formazione di Borutta, affioranti o sub-affioranti al di sotto di un esiguo spessore di suoli superficiali (**Foto 1 e 2**).

Trattandosi un “intervento di modesta rilevanza che ricade in zona geotecnica nota” in quanto “il substrato roccioso è affiorante o sub affiorante ed il rilievo critico dei singoli affioramenti consente la stima dello spessore del detrito superficiale e delle caratteristiche generali della formazione rocciosa”, per la caratterizzazione geotecnica della litologia di fondazione si è fatto riferimento dati e di notizie raccolti mediante indagini precedenti, eseguite su terreni aventi la medesima successione stratigrafica ed in aree limitrofe.



Foto 1: Substrato sub-affiorante nel sito scelto per l'ubicazione delle serre.



Foto 2: Substrato subaffiorante nel terreno adiacente al sito di progetto.

3.3.1.1 Caratterizzazione geotecnica delle litologie

Per la caratterizzazione di un ammasso roccioso a comportamento rigido è necessario eseguire il rilievo geomeccanico, nel quale vengono raccolte tutte le informazioni riguardanti le condizioni della matrice rocciosa, come la resistenza a compressione e l'alterazione, e soprattutto quelle riguardanti le discontinuità, cioè la loro distribuzione e giacitura nell'affioramento. Il rilievo ha permesso di effettuare la caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi e determinarne i parametri.

Negli ammassi rocciosi è presente un reticolo di discontinuità, costituite da fratture, giunti e faglie e sono il risultato di vari eventi: i giunti costituiscono la fratturazione primaria dell'ammasso roccioso mentre la fratturazione secondaria, rappresentata dalle faglie e dalle fratture, è legata agli stress tettonici che hanno agito successivamente alla messa in posto degli ammassi.

Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano, in modo più o meno evidente, il comportamento meccanico dell'ammasso stesso e del modello geotecnico alla base di qualsiasi calcolo; si può anzi dire che i parametri che descrivono le caratteristiche geologiche delle discontinuità hanno un'importanza maggiore rispetto a quelli necessari per la definizione della resistenza della matrice rocciosa. E' quindi importante, al fine di una corretta caratterizzazione di un ammasso roccioso, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi: la caratterizzazione delle proprietà meccaniche e strutturali dell'ammasso roccioso permette di definire la resistenza al taglio (in termini di φ' e c') dell'ammasso assegnando un valore numerico alle sue caratteristiche geologiche.

Tuttavia, in meccanica delle rocce non è possibile includere, in un unico schema generale di classificazione, tutti i parametri necessari per descrivere esaurientemente il comportamento degli ammassi; quindi, per lo scavo delle gallerie sotterranee sono sette i metodi di classificazione più frequentemente utilizzati, mentre nel campo delle fondazioni e della stabilità di pendii sono maggiormente impiegati nove metodi di classificazione, tra cui Beniaowski, 1973, Romana, 1985, Hoek e Brown, 1997. Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso presente nell'area studiata è stato utilizzato il metodo di Hoek e Brown.

Il Geological Strength Index (GSI), introdotto da Hoek nel 1994 rappresenta in maniera adeguata le caratteristiche dell'ammasso roccioso, non tenendo conto di quei parametri legati alle condizioni al contorno, e fornisce il valore di GSI a partire dalla struttura della roccia e dalle condizioni delle superfici di discontinuità.

Oltre alla determinazione dell'indice GSI, la classificazione consente la stima della resistenza a compressione di ammasso (σ) tramite il Criterio di Hoek&Brown e mediante la sua linearizzazione si ottengono anche la coesione c' e l'angolo d'attrito φ' .

Rispetto alla formulazione originaria del 1980, questo criterio è stato modificato dagli Autori nel corso degli anni e perfezionato, anche per la sua applicazione a rocce tenere e alle formazioni complesse. Nel seguito viene illustrata la versione più recente (2002):

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma'_{ci} \left[m_b \cdot \left(\frac{\sigma'_3}{\sigma'_{ci}} \right) + s \right]^a$$

dove σ_1 e σ_3 sono gli sforzi principali efficaci massimi e minimi applicati a rottura;
 σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia intatto;
 m_b , s , a sono coefficienti che dipendono dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso.
Tali coefficienti possono essere calcolati tramite le seguenti formule:

$$m_b = m_i e^{\frac{GSI-100}{28-14D}}$$

$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3D}}$$

$$a = 0.5 + \frac{1}{6} \cdot \left(e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}} \right)$$

dove:

GSI (Geological Strength Index) è, come precedentemente spiegato, un indice di qualità dell'ammasso roccioso variabile tra 5 e 100, funzione delle condizioni geomeccaniche e del grado di alterazione;

m_i è un coefficiente tipico della roccia intatta;

D è il fattore di disturbo, che tiene conto dell'impatto delle tecnologie di scavo sugli ammassi considerati e/o delle deformazioni subite dall'ammasso a seguito o prima della scavo; esso varia tra 0 (ammassi non disturbati) e 1 (ammassi molto disturbati).

I valori di m_i e D sono ricavabili da tabelle o range di valori proposti dallo stesso autore.

Per l'elaborazione del metodo di Hoek e Brown è stato utilizzato il programma RocLab (Rocscience Inc.).

Point Load Test

La **Resistenza a compressione monoassiale** dell'ammasso roccioso si può ricavare sia da prove su campioni di roccia (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante il Martello di Schmidt o da prove speditive (Standard ISRM).

Per la determinazione della Resistenza a compressione uniassiale degli ammassi rocciosi presenti nel versante sono state effettuate prove di rottura con carico puntuale (Point Load Test) sui campioni di roccia.

Sono stati misurati sperimentalmente i valori di I_s (= Indice di Franklin). Questi ultimi sono stati ottenuti tramite la formula:

$$I_s = P/D^2 [\text{Kg/cm}^2]$$

dove:

P = carico di rottura concentrato

D = distanza tra le punte coniche della pressa

L'indice di Franklin I_s è stato quindi "normalizzato", per tener conto dell'effetto dimensione, riferendolo ad uno spezzone unitario di lunghezza 50 mm, secondo la formula:

$$I_s(50) = I_s \times (5/D)^{-0.6}$$

L'indice di resistenza $I_s(50)$ viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale C_0 mediante la relazione:

$$\sigma_{ci} = K I_s$$

dove K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di I_s secondo lo schema seguente:

I_s (MPa)	I_s (Kg/cm ²)	K
1.8 – 3,5	18.3 – 35.6	14
3,5 – 6,0	35.6 – 61.2	16
6,0 – 10	61.2 – 101.2	20
> 10	> 101.2	25

Classificazione di Palmstöm

Il **GSI**, che di solito è stimato qualitativamente in base ad osservazioni a vista circa le caratteristiche strutturali della roccia e la qualità delle superfici di discontinuità esposte, può essere calcolato, indirettamente, tramite il metodo di Palmstöm.

Tale metodo è finalizzato al calcolo del Rock Mass index (RMi), ossia di un indice che tiene conto della riduzione di resistenza a compressione dell'ammasso (σ_c), per effetto di alcune proprietà delle discontinuità. Il valore del Rock Mass index è dato da:

$$RMi = \sigma_{ci} \cdot JP$$

dove σ_{ci} è la resistenza a compressione uniassiale della matrice rocciosa e JP è il “coefficiente della fratturazione” che, a sua volta, tiene conto del “volume del blocco” (Vb) e del “fattore di condizione” (jC) delle discontinuità.

Il fattore jC si calcola valutando alcune proprietà fisiche delle discontinuità rilevate in sito ed espresse sotto forma di coefficienti che sono: i fattori di rugosità (jR), di ondulazione (jW), di alterazione (jA), di persistenza (jL) e di continuità (jt) che dipendono dalla scala e dalla geometria del problema. Il volume del blocco Vb, può essere calcolato dai dati di spaziatura rilevati in campagna o, in linea subordinata, a partire dai dati di RQD delle perforazioni.

Il parametro JP può calcolarsi in base alla formula:

$$JP = 0,2 \cdot \sqrt{jC \cdot Vb^D}$$

dove: $D = 0,37 \cdot jC^{-0,2}$.

Sulla base dei valori di RMi, Palmström propone la sua classificazione degli ammassi.

RMi (MPa)	Descrizione
<0,001	Estremamente scadente
0,001 – 0,01	Molto scadente
0,01 – 0,1	Scadente
0,1 – 1	Moderatamente scadente
1 – 10	Buona
10 – 100	Molto buona
>100	Estremamente buona

Secondo Palmström, a partire dall'RMi, si può risalire ai valori delle costanti empiriche s ed mb che compaiono nel criterio di rottura “originale” di Hoek e Brown [HOEK e BROWN 1980], essendo nullo il valore della sollecitazione principale minima σ_3 . Entrambe queste costanti dipendono dalle proprietà della matrice e dell'ammasso

roccioso nonché dall'entità del disturbo da esso subito, prima di essere interessato da sollecitazioni di taglio. Essendo la costante s concettualmente simile al JP, Palmström propone la seguente correlazione tra le due grandezze:

$$s = JP^2$$

Quindi, una volta noto il parametro della fratturazione JP è possibile risalire anche al valore del GSI [HOEK et al., 1992; HOEK et al., 2002]; a tal riguardo, Palmström propone la seguente espressione:

$$GSI = (\ln s \cdot 9) + 100$$

Il GSI viene così calcolato a partire dal parametro della fratturazione JP.

Calcolo dei parametri caratteristici dell'ammasso roccioso

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

CALCARENITI

POINT LOAD TEST

Località: Sassari (Sassari)

Cantiere: Istituto Tecnico Agrario "N. Pellegrini"

Sondaggio:

Campioni: C1-C4

DESCRIZIONE LITOLOGICA

Calcarenite bianco-giallastra.

<i>Numero prove</i>	<i>D = distanza tra le punte (cm.)</i>	<i>Lettura manometro (bar)</i>	<i>P = Carico di rottura concentrato (Kg)</i>	<i>Is = Indice di Franklin</i>	<i>Is (50) = Indice normalizzato</i>	<i>Modalità di rottura</i>
1	7.0	34	190	3.8	4.7	Normale T
2	6.2	44	250	6.5	7.4	Normale T
3	5.7	36	200	6.1	6.7	Normale T
4	6.5	30	160	3.8	4.4	Normale T

I valori di I_s delle calcareniti campionate sono compresi tra circa 4.4 e 7.4 Kg/cm² (con valore medio di 5.8 Kg/cm²) quindi il valore di K da utilizzare è **14**.

I_s (MPa)	I_s (Kg/cm ²)	K
1.8 – 3,5	18.3 – 35.6	14
3,5 – 6,0	35.6 – 61.2	16
6,0 – 10	61.2 – 101.2	20
> 10	> 101.2	25

Si ottiene quindi un valore di σ_{ci} :

$$\sigma_{ci} = 81.2 \text{ Kg/cm}^2 = 7.96 \text{ MPa}$$

Calculating the Rock Mass index, RMI

Uniaxial compressive strength of intact rock (MPa)	$\sigma_c =$	7.96
Hoek-Brown rock material constant	$m_i =$	8
Joint roughness <small>smooth & planar = 1; smooth & undulating = 2; rough & planar = 2</small>	factor jR =	2
Joint alteration <small>fresh = 1; coating of calcite = 3; coating of clay = 3; filling of clay = 6 - 10</small>	factor jA =	2
Joint size <small>partings = 6; short joints = 2 - 4; medium joints = 1 - 2</small>	factor jL =	4
Joint termination <small>continuous = 1; discontinuous = 2</small>		1
Block size, joint density, or degree of jointing <small>(use only input of ONE of these parameters)</small>	Block volume (m ³) input in m3) $V_b =$ (note the	
	Rock quality designation	RQD = 30
	Volumetric joint count	$J_v =$
	Average joint spacing (m)	$S_a =$
Block shape <small>cubical = 27; slightly long or flat = 40; long or flat = 75; very long or flat = 250</small>	$\beta =$	27
For information only <small>(must not be filled)</small>	Number of joint sets in the actual location	$n_j =$ 3.5
	Occurrence of seam(s) (= clay-filled joint with thickness < 1m)	
	Weakness zone or fault (= zone with thickness > 1m)	
CALCULATIONS		
Rock mass index	RMi =	0.424558685
	<i>classification of RMI =</i>	<i>low</i>
Factors in the Hoek-Brown failure criterion for rock masses	s =	0,002844784
	<i>Mb undisturbed =</i>	1.225704471

Il valore del GSI risulta quindi:

$$\text{GSI} = (\ln s \cdot 9) + 100 = 47.2$$

CRITERIO DI HOEK-BROWN

Ricavati i valori della Resistenza a compressione uniassiale ($\sigma_{ci} = 7.96$ MPa) e quello del parametro di GSI (47.2), sono stati utilizzati il parametro **mi**, relativo alla litologia e ricavabile dalla tabella dello stesso autore che propone per tale litologia un valore di **8**, e il parametro **D**, relativo ai fattori di disturbo antropico, che nel caso delle condizioni indisturbate ha valore **0**.

I valori dei parametri relativi all'ammasso roccioso utilizzati per l'elaborazione e i parametri di resistenza che da essa sono derivati vengono sotto riportati:

Classification Hoek-Brown

$\sigma_{ci} =$	7.96 MPa
GSI	47.2
mi	7
D	0

Criterio Hoek-Brown

mb =	1.205	(daRMi) 1.225
s =	0,0028	(daRMi) 0.0028
a =	0.507	

Adattamento Mohr-Coulomb

$\varphi' =$	27.77 °
$c' =$	0.352 MPa

A tale litologia viene è attribuito un peso di volume γ di **2.2** t/m³

Nella figura sotto i relativi diagrammi degli involuipi a rottura, dove vengono raffrontate le curve derivanti dai due metodi (Hoek-Brown e Mohr-Coulomb).

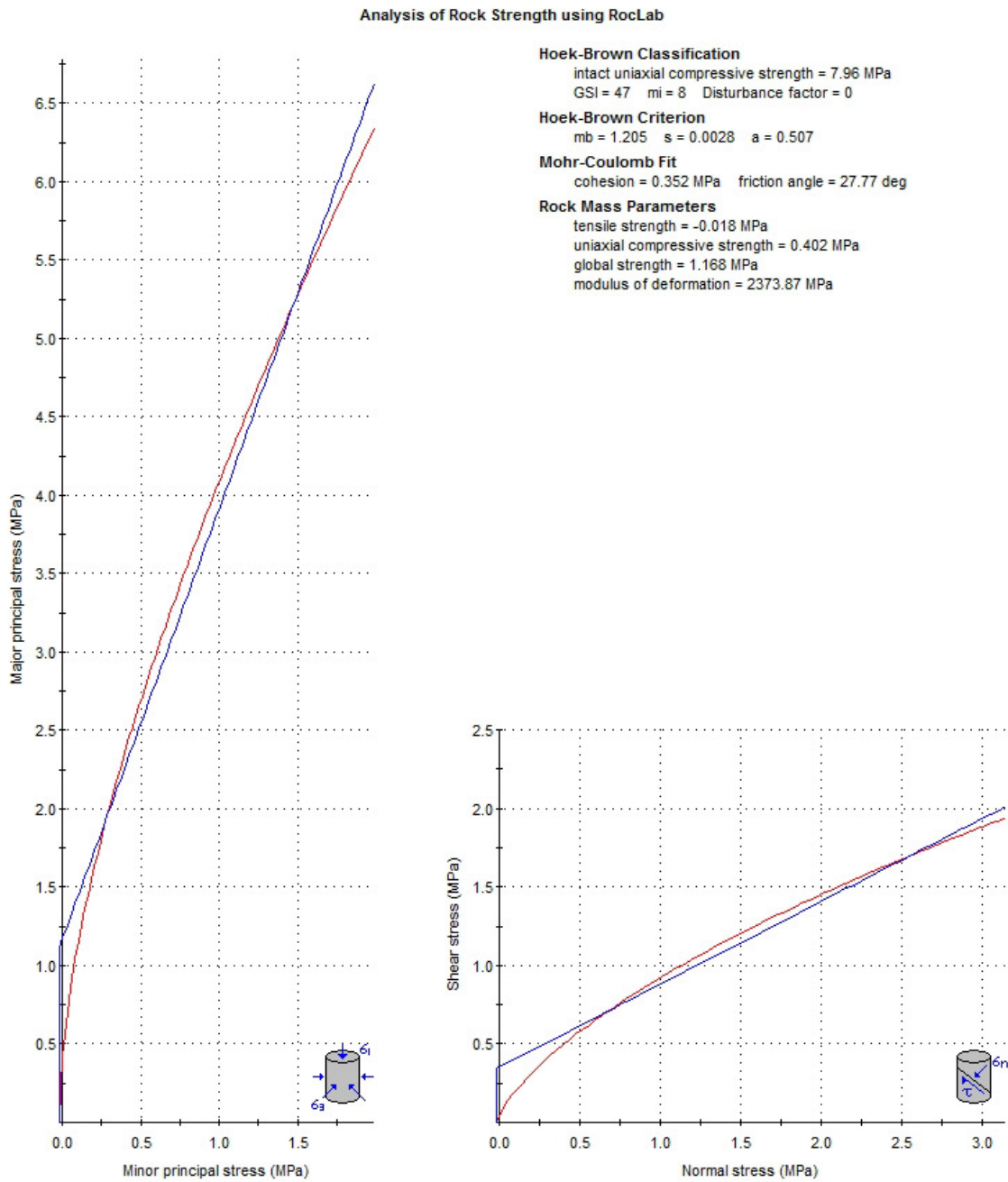


Figura 11: Involuppi di rottura, secondo il criterio generalizzato di Hoek-Brown (in rosso) ed equivalente di Mohr-Coulomb (in blu) ricavati con il programma di calcolo ROCLAB.

Sulla base dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione sopra descritti, è stata calcolata la capacità portante del terreno di fondazione utilizzando la formula di Terzaghi e considerando un plinto di fondazione di dimensioni e profondità come fornite dal progettista.

3.3.1.2 Calcolo della capacità portante

CALCOLO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

Secondo Terzaghi

Geometria della fondazione	Valore	Unità	Dati Terreno	Valore	Unità
Base	0,60	[m]	Peso Specifico	2,20	[t/m ³]
Profondità	0,50	[m]	Angolo di attrito	28°	[° gradi]
Eccentricità (Base)	0,00	[m]	Coesione	35,89	[t/m ²]

FS (fattore di sicurezza)	3
---------------------------	---

Fondazioni superficiali	
QUADRATA	▼

Schema di rottura del terreno sotto la fondazione secondo Terzaghi e Hansen

Fattori di forma	sc = 1,3 sg = 0,8
------------------	----------------------

N _q =	15,896	
N _c =	29,236	
N _g =	17,218	

Q =	834,384	[t]
q _{ult} =	1390,641	[t/m ²]
Q _{amm} =	463,547	[t/m ²]

Q = Capacità portante.

Coefficienti di capacità portante (Terzaghi)

Data la natura coesiva del terreno di fondazione si ipotizzano cedimenti estremamente ridotti e sicuramente compatibili con le strutture in progetto.

3.4 Stratigrafia dell'area di progetto di OZIERI - Zona industriale Chilivani

La stratigrafia ricostruita tramite i rilievi di superficie e indagini effettuate nell'ambito di altri lavori realizzati in aree limitrofe ha permesso di definire il modello geotecnico del sito di progetto, sulla base del quale sono state individuate le litologie di fondazione della serra in progetto, costituite da livelli sabbioso-conglomeratici della Formazione di Oppia Nuova, presenti nell'area al di sotto di un livello di suoli superficiali (*Foto 3*).



Foto 3: Sito scelto per l'ubicazione della serra a Chilivani.

Trattandosi di un “intervento di modesta rilevanza che ricade in zona geotecnica nota” in quanto ubicato “in ambito di pianura, nel quale esiste, in un intorno di alcune decine di metri rispetto all'intervento e in contesti geologico e geotecnici uniformi, la possibilità di una ricostruzione litostratigrafica e geotecnica derivante da specifiche indagini geognostiche”, per la caratterizzazione geotecnica delle litologie di fondazione della serra si è fatto riferimento ai dati derivanti da indagini eseguite su terreni aventi la medesima successione stratigrafica nell'adiacente area dell'ippodromo.

L'indagine svolta aveva evidenziato anche dei livelli freatici abbastanza superficiali, ubicati ad una profondità di circa m. 1.10 con oscillazioni dell'ordine di m. 0.20, ma senza escludere una risalita fino al piano di campagna in concomitanza di eventi pluviometrici di una certa entità. Allo scopo di evitare o minimizzare eventuali sovrappressioni interstiziali, data la presenza di intercalazioni argillose, è opportuno prevedere un abbattimento del carico idraulico tramite un sistema di dreni orizzontali collegati alle trincee già esistenti vicino alla struttura in progetto.

3.4.1.1 Caratterizzazione geotecnica delle litologie

Tali indagini erano state effettuate tramite prove SPT e pozzetti che avevano permesso di ricostruire la stratigrafia fino a m. 5 dal piano di campagna, verificando la presenza di terreni sabbioso-ghiaiosi con intercalati livelli con più abbondante frazione argillosa.

Dalle prove sono stati estrapolati i valori dei parametri geotecnici di tale litologia che vengono sotto riportati:

γ	=	1.6
φ	=	31°
D	=	50
C	=	0.07

dove:

γ = Peso unità di volume (t/m^3)

φ = Angolo di resistenza al taglio (°)

D = Densità relativa (%)

C = Coesione (Kg/cm^2)

3.4.1.2 Calcolo della capacità portante

Per valutare la capacità portante del terreno si è utilizzato il metodo di Meyerhof (1956) così come modificato da Bowles (1977 – 1988) che permette di ricavare il carico ammissibile del terreno utilizzando direttamente il N° di colpi medio della prova SPT.

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

Meyerhof propone la seguente relazione:

$$q_{amm} = \frac{N_{SPT}}{F_2} \cdot F_d$$

Dove:

q_{amm} = capacità portante del terreno in KPa;

F_d = Fattore di Profondità = $(1+0.33(D/B))$;

B = larghezza della fondazione;

D = Profondità del piano di posa;

N_{SPT} = Numero di colpi medi della prova SPT ;

F_2 = valore costante pari a 0.06.

Come valore di N_{SPT} rappresentativo si è assunto il valore pari a 14:

$$N_{SPT} = \mathbf{14}$$

Considerando una profondità D posta pari a 0.6 m per una larghezza della fondazione B pari 0.8 m, sviluppando la formula si ricava:

$$F_d = 1 + 0.33(0.6/0.8) = 1.247$$

$$q_{amm} = \frac{14}{0.06} \cdot 1.247 = \mathbf{290.9 \text{ KPa}}$$

3.4.1.3 Calcolo dei cedimenti.

Vengono di seguito stimati i cedimenti indotti nelle litologie di terreni incoerenti, utilizzando il metodo Burland & Burbidge. Tale metodo è basato su un'analisi statistica, comprendenti fondazioni di dimensioni variabili.

Il calcolo è impostato in modo tale da valutare il cedimento secondo la citata teoria, per un periodo t pari a 100 anni. Inoltre i risultati ottenuti in base ai tre valori di confidenza (50%, 67%, 98%) sono posti a confronto sullo stesso grafico.

L'applicazione del metodo proposto da Burland & Burbidge nel 1984, è basato sui risultati delle prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT.

Secondo questi autori, l'espressione per il calcolo del cedimento, per fondazioni superficiali indefinite, nel caso più generale è la seguente:

$$s = K \times q \times B^{0,7}$$

dove s è il cedimento, q il sovraccarico indotto alla base della fondazione, B la larghezza della fondazione e K un fattore che è funzione della geometria fondale, del tempo e della reologia del terreno.

Si vuole ricordare che i cedimenti ammissibili, secondo le correlazioni proposte da Grant et al (1974), sono pari a 30 mm per plinti isolati e 36 mm per fondazioni nastriformi.

I valori dei cedimenti calcolati risultano all'interno di quelli ammissibili per plinti di fondazione.

CEDIMENTI FONDALI

Metodo di Burland & Burbridge

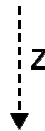
$$S = F_s \cdot F_h \cdot F_t \cdot \left[\sigma'_{vo} \cdot B^{0.7} \cdot \frac{I_c}{3} + (q' - \sigma'_{vo}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

Caratteristiche fondali:

B = 0,80 [m]
 L = 0,80 [m]
 D = 0,60 [m]

Litologia e carichi e prove:

Z = 5,00 [m]
 $\gamma = 1,60$ [t/m³]
 $q' = 15,00$ [t/m²]
 Nspt = 14.00 media



● Carichi Statici ○ Carichi Dinamici

Periodo di previsione:

Tempo = 100 [anni]

$\sigma'_{vo} = 0,96$ [t/m²]

Ic 50% = 0,0424	Ic 67% = 0,0777	Ic 98% = 0,1424
-----------------	-----------------	-----------------

Zi = 1,1069	Fh = 1,0000	Fs = 1,0000
-------------	-------------	-------------

anni	0	5	10	30	50	70	85	100
Ft	1,2046	1,3444	1,4046	1,5000	1,5444	1,5736	1,5905	1,6046

CEDIMENTI:

S [mm]	5,108	6,867	7,174	7,662	7,888	8,038	8,124	8,196
-----------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

S 50%	5,108	6,867	7,174	7,662	7,888	8,038	8,124	8,196
S 67%	9,359	12,582	13,146	14,039	14,454	14,728	14,886	15,018
S 98%	17,150	23,056	24,088	25,725	26,486	26,987	27,276	27,518

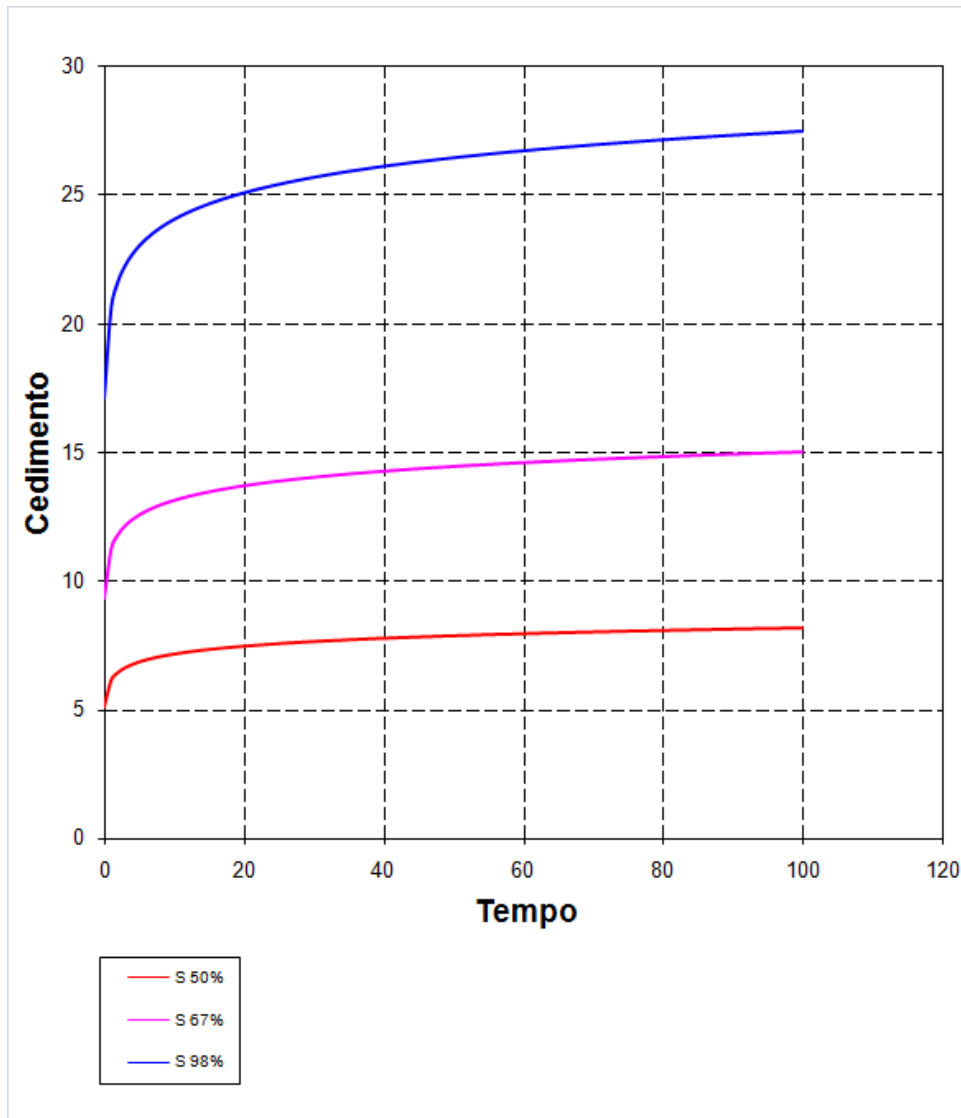
LEGENDA:

- B = Larghezza fondale
- Lunghezza
- L = fondale
- D = Profondità del piano di posa
- Z = Spessore strato compressibile

LAB SMART RURALITY

-Relazione Geologica e geotecnica-

- γ = Peso di volume dello strato
- q' = Pressione efficace lorda
- Nspt = N. medio di colpi (prove SPT)
- σ'_{vo} = Tensione verticale efficace
- Ic = Indice di compressibilità
- Fs, Fh, Ft = Fattori correttivi
- Zi = Profondità significativa



4. CONCLUSIONI

Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire tutti i dati di carattere geologico-geotecnico (litologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici) necessari alla ricostruzione dei modelli geologico e geotecnico dei siti interessati dal progetto “LAB SMART RURALITY”, nell'ambito della “PROGRAMMAZIONE OPERATIVA NAZIONALE – PON “PER LA SCUOLA” – 2014-2020 - AVVISI NAZIONALI - AZIONE 7: LABORATORI TERRITORIALI PER L'OCCUPABILITA' PIANO NAZIONALE SCUOLA DIGITALE (PNSD)”.

Il progetto prevede la realizzazione di due serre, di cui una ipertecnologica, in un'area dell'Azienda agraria annessa all'Istituto di Istruzione Superiore “N. Pellegrini” di Sassari e una terza serra all'interno della Azienda agraria di pertinenza dell'I.I.S. “Enrico Fermi” di Ozieri.

- Dal punto di vista geolitologico il sito di Sassari è caratterizzato dalla presenza di un substrato litoide, affiorante o sub-affiorante, costituito dalle litologie calcareo-marnose della Formazione di Borutta. Nel sito di Ozieri i suoli superficiali coprono le litologie sabbioso-conglomeratiche della Formazione fluvio-deltizia di Oppia Nuova.
- L'analisi geomorfologica non ha evidenziato, in entrambe i siti, indizi di franosità, né elementi geomorfologici che rappresentino una predisposizione ad instabilità in atto o potenziale. Le aree non sono inserite fra quelle considerate a pericolo di frana dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) vigente.
- L'analisi della circolazione idrica, nel sito di Sassari, non evidenzia interferenze tra la circolazione idrica sia superficiale che sotterranea e le fondazioni delle serre in progetto. Nel sito di Ozieri invece, nonostante l'elevata permeabilità del complesso sabbioso-conglomeratico garantisca un buon drenaggio, si rileva la presenza dei livelli freatici così superficiali da non poter escludere una risalita fino al piano di campagna in concomitanza di eventi pluviometrici di una certa entità. Allo scopo di evitare o minimizzare eventuali sovrappressioni interstiziali, data la presenza di intercalazioni argillose, si ritiene opportuno prevedere un abbattimento del carico idraulico tramite un sistema di dreni orizzontali collegati alle trincee già esistenti vicino alla struttura in progetto.

Il progetto prevede la realizzazione di n. 3 serre: due nel sito di Sassari a campata singola in ferro e vetro: una delle dimensioni di m.25 x m.8 con un'altezza di gronda di m. 4 e l'altra di m.20 x 9.5 con un'altezza di gronda di m. 3.95; qui è prevista inoltre una tettoia fotovoltaica delle dimensioni di mq 400 circa. Ad Ozieri la struttura sarà in ferro e plastica, sempre a campata singola e con dimensioni di m.25 x 8 con un'altezza di gronda di m. 4.

- E' stato ricostruito il quadro stratigrafico che ha permesso di definire il modello geotecnico dei siti di progetto, sulla base del quale sono state individuate le litologie di fondazione delle serre in progetto e determinati i relativi parametri geotecnici. Le caratteristiche del piano di posa garantiscono in entrambi i siti l'idoneità per la costruzione delle tipologie in progetto.
- La configurazione geologica e geotecnica del sito consente di prevedere l'adozione di fondazioni dirette come da orientamento progettuale; nella predisposizione del piano di posa si raccomanda di controllarne l'omogeneità, dotando le strutture fondali di un incasso conveniente.

Durante le operazioni relative allo sbancamento del terreno per l'alloggiamento delle strutture fondali, sarà cura della D.L. monitorare le fasi di escavazione intervenendo al presentarsi di variazioni rispetto al modello assunto in fase progettuale.

Sassari, Novembre 2017

Dott. Geol.

Donatella Giannoni